



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Patentschrift  
10 DE 44 22 184 C 2

51 Int. Cl. 7:  
F 02 D 41/18  
F 02 D 41/02

21 Aktenzeichen: P 44 22 184.3-26  
22 Anmeldetag: 24. 6. 1994  
43 Offenlegungstag: 4. 1. 1996  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 30. 1. 2003

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
Bayerische Motoren Werke AG, 80809 München,  
DE

72 Erfinder:  
Cosfeld, Ralf, 80993 München, DE

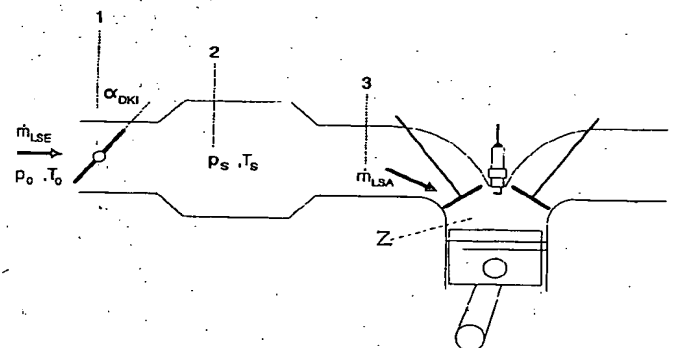
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 43 41 132 A1  
DE 43 39 170 A1  
DE 42 25 198 A1  
DE 41 26 900 A1  
DE 40 18 776 A1  
DE 39 19 448 A1  
DE 39 19 448 A1  
DE 39 17 908 A1  
US 47 85 785 A  
EP 05 94 114 A2  
EP 05 89 517 A1  
EP 02 71 774 A1

SAE Technical Paper 810494, 1981;

54 Steuergerät für Kraftfahrzeuge mit einer Recheneinheit zur Berechnung der in einen Zylinder der Brennkraftmaschine strömenden Luftmasse

57 Steuergerät für Kraftfahrzeuge mit einer Recheneinheit zur Berechnung der in einen Zylinder der Brennkraftmaschine strömenden Luftmasse, bei dem die Recheneinheit einen Algorithmus ausführt, dessen Parameter teils gemessene und teils berechnete Betriebsparameter der Brennkraftmaschine enthalten, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein berechneter Betriebsparameter zusätzlich gemessen wird und der Algorithmus derart aufgebaut ist, daß er sich entsprechend einer Differenz zwischen dem Wert des berechneten und dem Wert des zusätzlich gemessenen Betriebsparameters selbst korrigiert.



DE 44 22 184 C 2

DE 44 22 184 C 2

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Steuergerät für Kraftfahrzeuge mit einer Recheneinheit zur Berechnung der in einen Zylinder der Brennkraftmaschine strömenden Luftmasse nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Aus dem SAE Technical Paper 810494, 1981, geht hervor, daß in mikroprozessorgesteuerten elektronischen Steuergeräten für Kraftfahrzeuge zur exakten Zumessung des Kraftstoffes in Abhängigkeit von der in einen Zylinder der Brennkraftmaschine strömenden Luftmasse (Zylinderfüllung) eine Recheneinheit zur Berechnung dieser Zylinderfüllung vorgesehen ist. Diese Recheneinheit bildet ein mathematisches Modell der Luftstromphysik, insbesondere im Ansaugtrakt einer Brennkraftmaschine, rechnerisch nach (vgl. insbesondere Seite 10 bis 11, Kapitel "model description" des SAE-Papers). Der Algorithmus dieses rechnerischen Modells enthält teilweise ausschließlich gemessene Betriebsparameter der Brennkraftmaschine, wie z. B. die Drehzahl oder die Öffnungsfläche der Drosselklappe, und teilweise ausschließlich berechnete Betriebsparameter als Zwischenergebnisse, wie z. B. die durch die Drosselklappe strömende Luftmasse oder den im Ansaugrohr der Brennkraftmaschine vorherrschenden Druck. Der Algorithmus bzw. das mathematische Modell enthält Gleichungen, die zur Vereinfachung des Algorithmus die realen Verhältnisse idealisieren und somit ein eventuell ungenaues Ergebnis bei der Berechnung der in einen Zylinder der Brennkraftmaschine strömenden Luftmasse liefern.

[0003] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Steuergerät zur Berechnung der in einen Zylinder der Brennkraftmaschine strömenden Luftmasse eingangs genannter Art derart zu verbessern, daß genauere Ergebnisse bei der Berechnung erzielt werden ohne Verzicht auf die Einfachheit des verwendeten Algorithmus.

[0004] Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0005] Erfindungsgemäß wird ein beim bekannten Algorithmus ausschließlich berechneter Betriebsparameter der Brennkraftmaschine, der insbesondere in Form eines Zwischenergebnisses vorliegt, zusätzlich gemessen. Der Wert des berechneten und der Wert des zusätzlich gemessenen Betriebsparameters werden miteinander verglichen. Der Algorithmus ist derart aufgebaut, daß eine automatische Adaption bzw. eine Selbstkorrektur vorgenommen wird, wenn eine Differenz zwischen dem Wert des berechneten und dem Wert des zusätzlich gemessenen Betriebsparameters vorliegt.

[0006] Durch dieses erfindungsgemäße Steuergerät werden durch einen nur wenig erhöhten Meßaufwand Ungenauigkeiten durch die Idealisierung der realen Verhältnisse beim angewandten Algorithmus durch automatische Adaption des Algorithmus vermieden.

[0007] Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung ist der Gegenstand des Patentanspruchs 2. Besonders vorteilhaft ist die Verwendung des im Ansaugrohr der Brennkraftmaschine entstehenden Druckes als Betriebsparameter der Brennkraftmaschine, der sowohl berechnet als auch zusätzlich gemessen wird, da dieser Betriebsparameter einer besonders starken Beeinflussung der realen Verhältnisse unterliegt.

[0008] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist der Gegenstand des Patentanspruchs 3. Alternativ oder zusätzlich wird die durch die Drosselklappe der Brennkraftmaschine strömende Luftmasse sowohl berechnet als auch gemessen, da auch ein Luftmassenstrom ebenso wie der Luftdruck besonders stark durch reale Störgrößen beeinflusst wird.

[0009] Gemäß den Weiterbildungen nach Patentanspruch 2 und/oder 3 werden also Betriebsparameter zur Selbstkorrektur des Algorithmus verwendet, die besonders stark von den bei der Idealisierung vernachlässigten Verhältnissen beeinflusst werden.

[0010] In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Es zeigen

[0011] Fig. 1 einen Ansaugtrakt einer Brennkraftmaschine mit den wichtigsten in dem Algorithmus enthaltenen Betriebsparametern,

[0012] Fig. 2 ein Blockschaltbild des aus dem SAE-Paper 810494 bekannten rechnerischen Modells bzw. Algorithmus,

[0013] Fig. 3 die dem Blockschaltbild des bekannten Algorithmus zugrundeliegenden mathematischen Formeln und

[0014] Fig. 4 ein mögliches Ausführungsbeispiel für die Selbstkorrektur des Algorithmus am Beispiel eines zusätzlich gemessenen Drucks im Ansaugrohr der Brennkraftmaschine.

[0015] In Fig. 1 ist eine Drosselklappe (Abschnitt 1) im Luft-Ansaugrohr der Brennkraftmaschine angeordnet, die mit dem Eingang eines Sammlers (Abschnitt 2) verbunden ist, dessen Ausgang unmittelbar zum Einlaßkanal (Abschnitt 3) eines Zylinders Z führt. Die durch das Ansaugrohr an der Stelle der Drosselklappe strömende Luftmasse  $\dot{m}_{LSE}$  wird insbesondere, wie dargestellt, durch den Drosselklappenöffnungswinkel  $\alpha_{DK}$ , den Umgebungsdruck  $p_0$ , die Umgebungstemperatur  $T_0$  und den Druck im Sammler  $p_s$  bestimmt. Diese durch die Drosselklappe strömende Luftmasse  $\dot{m}_{LSE}$  kann entweder rechnerisch oder z. B. mittels eines Luftmassenmessers bestimmt werden. Die in den Zylinder Z einströmende Luftmasse  $\dot{m}_{LSA}$  soll erfindungsgemäß ausschließlich berechnet werden. Der im Sammler vorherrschende Druck  $p_s$  ist entweder durch den Algorithmus berechenbar und/oder durch einen hier nicht dargestellten Drucksensor meßbar.

[0016] Die physikalischen Verhältnisse in den Abschnitten 1, 2 und 3 der Fig. 1 werden in Fig. 2 ebenfalls mit den Bezugszeichen 1, 2 und 3 angedeutet. Im Block 1 der Fig. 2 wird die durch die Drosselklappe strömende Luftmasse  $\dot{m}_{LSE}$  berechnet. Dazu wird die aus dem Stand der Technik bekannte Formel (1a) in Verbindung mit den Formeln (1b) und (1c) der Fig. 3 angewendet. Im Block 4 der Fig. 2 sind die Formeln (1a) bis (1c) der Fig. 3 als Teil des Algorithmus zur Berechnung der durch die Drosselklappe strömenden Luftmasse  $\dot{m}_{LSE}$  in Form eines sich aus dem Algorithmus mit den Parametern  $\alpha_{DK}$  ( $= \alpha_{DKK}$ ), dem Öffnungswinkel der Drosselklappe, und  $p_s$ , dem im Sammler vorliegenden Druck, ergebenden Kennfeldes dargestellt. Die Kennfeldwerte  $F_1$  des Blocks bzw. Kennfeldes 4 müssen jedoch an der Multiplizierstelle des Blocks 1 mit dem Faktor  $p_0/(R \cdot T_0)$  multipliziert werden, damit sich die durch die Drosselklappe einströmende Luftmasse  $\dot{m}_{LSE}$  ergibt. Dabei ist  $p_0$  der Umgebungsdruck,  $T_0$  die Umgebungstemperatur und  $R$  die Gaskonstante für Luft.

[0017] Die so berechnete durch die Drosselklappe strömende Luftmasse  $\dot{m}_{LSE}$  wird an eine Addierstelle des Blocks 2 geführt. Der Block 1 erhält als Druck  $p_s$  im Sammler des Ansaugtrakts den in Block 2 berechneten Wert. In Block 1 werden also die aus dem Stand der Technik bekannten Gleichungen (1a) bis (1c) realisiert, die die Gleichungen für eine sog. isentrope Strömung durch eine Blende – aus der Physik bekannt – beschreiben. Die Gleichung (4) in Fig. 3 stellt eine Schreibweise für das aus den Gleichungen (1a) bis (1c) gebildete Kennfeld nach dem Block 4 des Blocks 1 in Fig. 2 dar.

[0018] Der Block 2 in Fig. 2 stellt die Berechnung des Drucks  $p_s$  im Ansaugtrakt, insbesondere im Sammler, nach

der Gleichung (2) der Fig. 3 dar. Zunächst wird an der Ad-  
dierstelle des Blocks 2 die zuvor berechnete bzw. als An-  
fangswert geschätzte oder vorgegebene in einen Zylinder  
der Brennkraftmaschine strömende Luftmasse  $m_{LSA}$  von der  
in Block 1 ermittelten durch die Drosselklappe strömenden  
Luftmasse  $m_{LSE}$  subtrahiert. Die Differenz dieser beiden  
Luftmassen wird mit der Temperatur im Ansaugtrakt  $T_S$  und  
der Gaskonstante für Luft multipliziert und durch das Volu-  
men des Ansaugtrakts, insbesondere des Sammlers,  $V_S$  ge-  
teilt. Durch diesen Teil des Algorithmus wird entsprechend  
der Gleichung (2) der Fig. 3 die Änderung des Drucks  $p_S$  im  
Ansaugtrakt durch die Bilanz der Luftmassen und durch das  
aus der Physik allgemein bekannte ideale Gasgesetz be-  
schrieben. Der jeweils momentan vorliegende Druck  $p_S$  im  
Ansaugtrakt wird durch ein Integrierglied 5 aus der Ände-  
rung des Drucks  $dp_S$  über der Zeit  $dt$  berechnet. Der so be-  
rechnete Druck  $p_S$  wird nicht nur dem Block 1 sondern auch  
dem Block 3 der Fig. 2 zugeführt.

[0019] In Block 3 der Fig. 2 wird aus dem Druck und der  
ebenfalls im Steuergerät ermittelten Drehzahl der Brenn-  
kraftmaschine  $n$  im Block 6 ein Kennfeldfaktor  $F_2$  ermittelt,  
der anschließend durch die Temperatur  $T_S$  im Ansaugtrakt  
bzw. Sammler geteilt wird, um die zu ermittelnde in den Zy-  
linder strömende Luftmasse  $m_{LSA}$  zu erhalten. Block 3 der  
Fig. 2 stellt somit in Form eines Flußdiagramms die Reali-  
sierung der Gleichung (3) bzw. der in Kennfeldform darge-  
stellten Gleichung (5) der Fig. 3 dar.

[0020] Fig. 4 zeigt ein erfindungsgemäßes Ausführungs-  
beispiel der Erweiterung der Fig. 2, bei der eine Selbstkor-  
rektur des Algorithmus (Adaption) durch zusätzliche Be-  
rücksichtigung des gemessenen Drucks  $p_S$  vorgenommen  
wird. Block 2 und 3 der Fig. 4 sind identisch mit Block 2  
und 3 der Fig. 2. Erfindungsgemäß wird der in Block 2 be-  
rechnete Druck im Ansaugtrakt bzw. Sammler  $p_{S,cal}$  zu-  
nächst zum Adoptionsblock 7 geführt. Ebenso erhält der Ad-  
optionsblock 7 den mit einem Drucksensor gemessenen  
Druck  $p_{S,meß}$ . Liegt eine Differenz zwischen dem berechne-  
ten Druck  $p_{S,cal}$  und dem gemessenen Druck  $p_{S,meß}$  vor, wird  
entsprechend dieser Differenz ein korrigierter dem tatsäch-  
lich vorliegenden Wert angepaßter Druck  $p_S$  ermittelt und  
dem Block 3 der Fig. 4 zugeführt. Somit korrigiert sich über  
den gemessenen Druck  $p_{S,meß}$  und den Adoptionsblock 7 der  
durch Block 2 und 3 gebildete Gesamtalgorithmus von selbst.

[0021] Fig. 4 kann beispielsweise durch Block 1 der Fig. 2  
ergänzt werden, so daß die durch die Drosselklappe strö-  
mende Luftmasse  $m_{LSE}$  wie in Fig. 2 dargestellt berechnet  
wird. Es ist jedoch auch möglich, die durch die Drossel-  
klappe strömende Luftmasse  $m_{LSE}$  ausschließlich durch einen  
Sensor, z. B. einen Luftmassenmesser, zu ermitteln. Weiter-  
hin ist erfindungsgemäß möglich, Fig. 4 sowohl durch den  
rechnerischen Block 1 der Fig. 2 zu ergänzen als auch einen  
weiteren Adoptionsblock einzuführen, über den die durch die  
Drosselklappe strömende Luftmasse durch Vergleich des be-  
rechneten Luftmassenwertes mit einem gemessenen Wert  
ebenfalls korrigiert wird.

[0022] Durch ein derartiges erfindungsgemäßes Steuerge-  
rät wird nicht nur die Genauigkeit der Berechnung der in ei-  
nen Zylinder strömenden Luftmasse verbessert, sondern  
auch Mittel geschaffen, durch die eine Redundanz wichtiger  
Parameter des Algorithmus erreicht wird, durch die die Aus-  
fallwahrscheinlichkeit eines derartigen Systems vermindert  
wird.

kraftmaschine strömenden Luftmasse, bei dem die Re-  
cheneinheit einen Algorithmus ausführt, dessen Para-  
meter teils gemessene und teils berechnete Betriebspa-  
rameter der Brennkraftmaschine enthalten, **dadurch  
gekennzeichnet**, daß mindestens ein berechneter Be-  
triebsparameter zusätzlich gemessen wird und der Al-  
gorithmus derart aufgebaut ist, daß er sich entspre-  
chend einer Differenz zwischen dem Wert des berech-  
neten und dem Wert des zusätzlich gemessenen Be-  
triebsparameters selbst korrigiert.

2. Steuergerät nach Patentanspruch 1, dadurch ge-  
kennzeichnet, daß ein berechneter und zusätzlich ge-  
messener Betriebsparameter der im Ansaugtrakt der  
Brennkraftmaschine entstehende Druck ( $p_S$ ) ist.

3. Steuergerät nach Patentanspruch 1 oder 2, dadurch  
gekennzeichnet, daß ein berechneter und zusätzlich ge-  
messener Betriebsparameter die durch die Drossel-  
klappe der Brennkraftmaschine strömende Luftmasse  
( $m_{LSE}$ ) ist.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

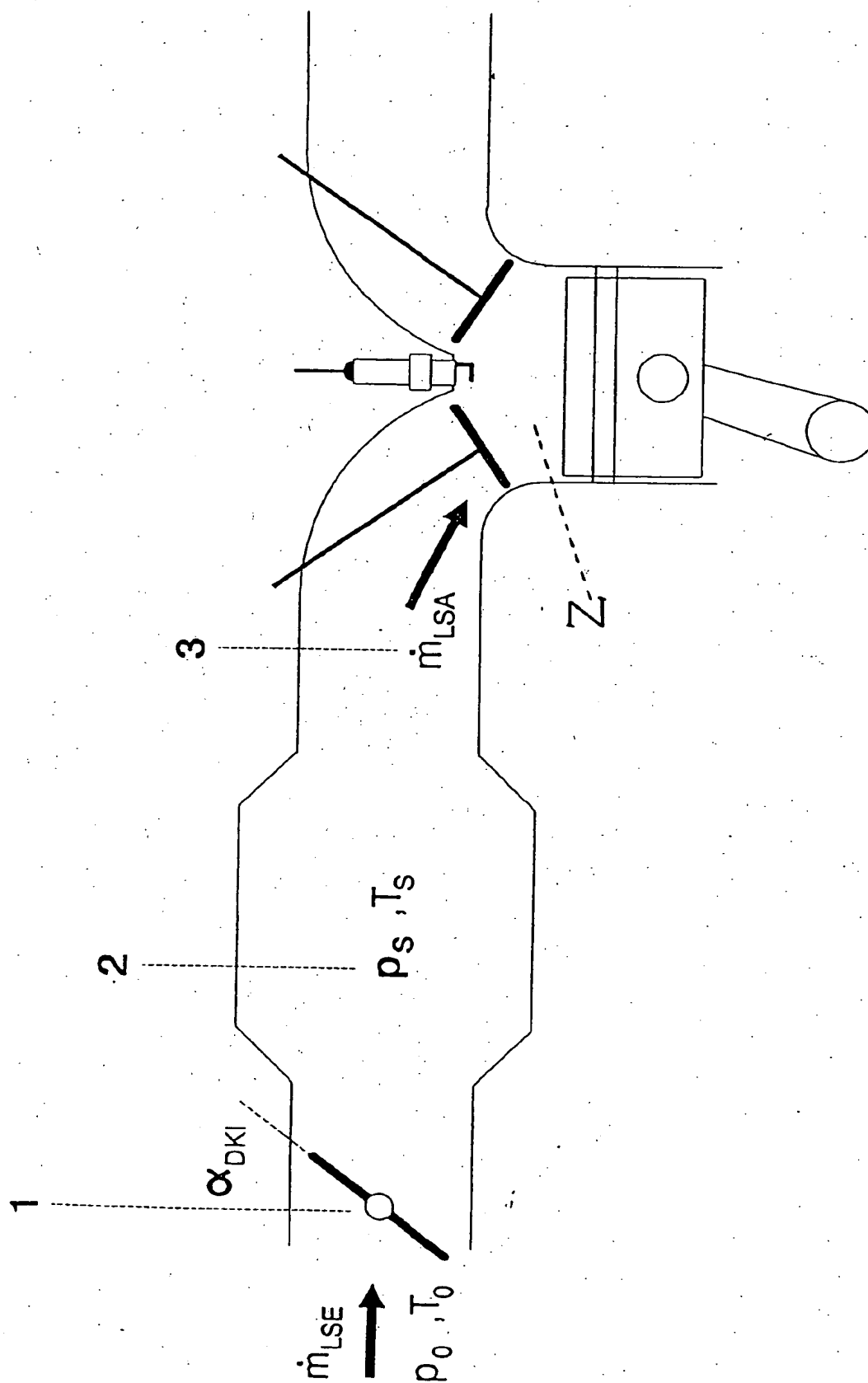


Fig. 1

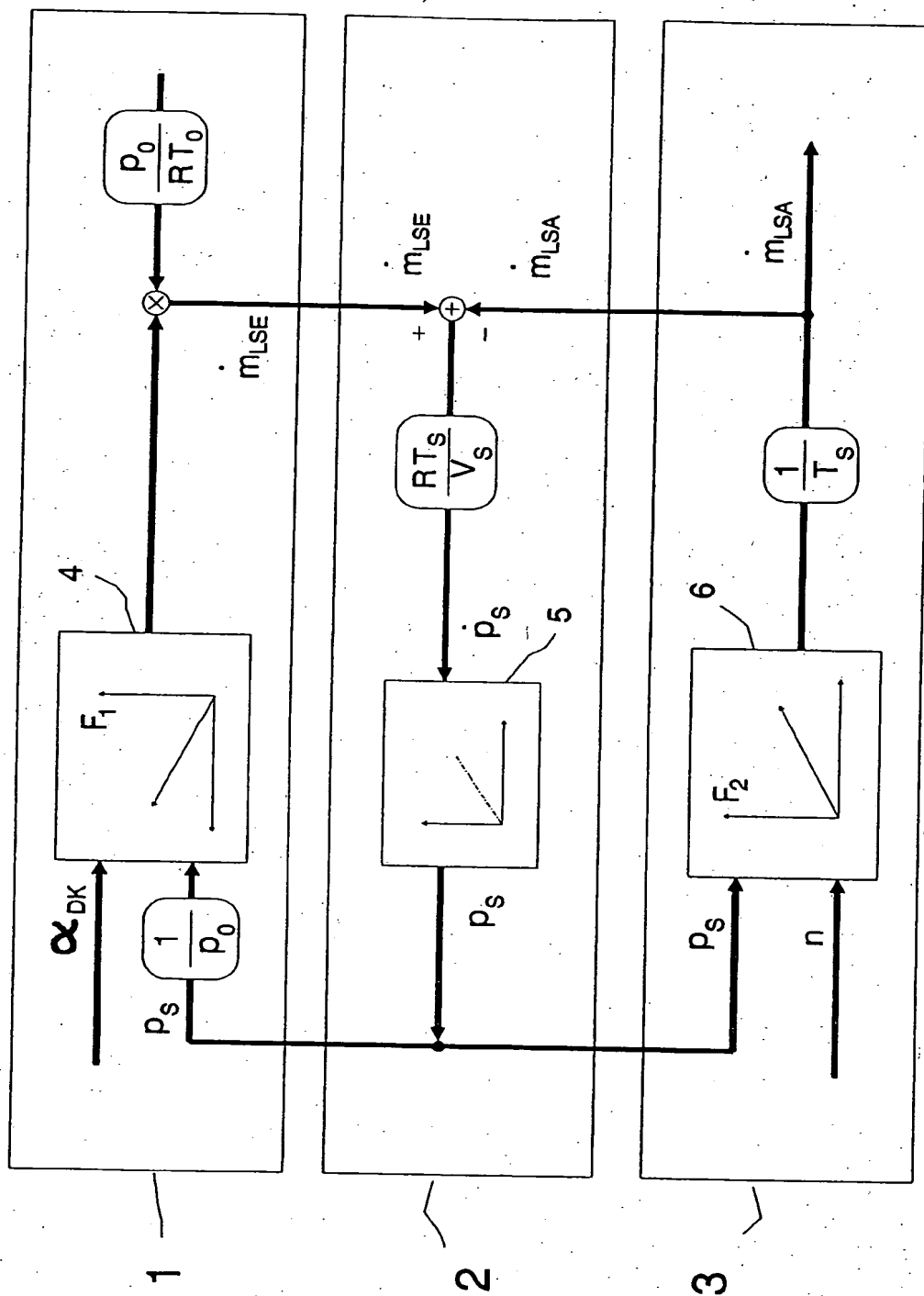


Fig. 2

$\dot{m}_{LSE} = A_{DK}(\alpha_{DK}) \cdot \Psi\left(\frac{p_s}{p_o}\right) \cdot \frac{p_o}{R \cdot T_o}$ <p>mit</p>	$\sim (1a)$
$A_{DK}(\alpha_{DK}) = [1 - \cos(\alpha_{DK})] \cdot A_{DK,max}$	$\sim (1b)$
<p>und</p> $\Psi\left(\frac{p_s}{p_o}\right) = \begin{cases} \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa-1} \left[ \left(\frac{p_s}{p_o}\right)^{\frac{2}{\kappa}} - \left(\frac{p_s}{p_o}\right)^{\frac{\kappa+1}{\kappa}} \right]} & \left  \frac{p_s}{p_o} \geq \left(\frac{2}{\kappa+1}\right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} \right. \\ \sqrt{\kappa} \cdot \left(\frac{2}{\kappa+1}\right)^{\frac{\kappa+1}{2(\kappa-1)}} & \left  \frac{p_s}{p_o} < \left(\frac{2}{\kappa+1}\right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} \right. \end{cases}$	$\sim (1c)$
$\frac{\partial p_s}{\partial t} = \frac{R \cdot T_s}{V_s} \cdot (\dot{m}_{LSE} - \dot{m}_{LSA})$	$\sim (2)$
$\dot{m}_{LSA} = \frac{1}{2} \cdot V_H \cdot \frac{1}{R \cdot T_s} \cdot p_s \cdot n$	$\sim (3)$
$\dot{m}_{LSE} = F_1\left(\alpha_{DK}, \frac{p_s}{p_o}\right) \cdot \frac{p_o}{R \cdot T_o}$	$\sim (4)$
$\dot{m}_{LSA} = F_2(p_s, n) \cdot \frac{1}{T_s}$	$\sim (5)$

Fig. 3

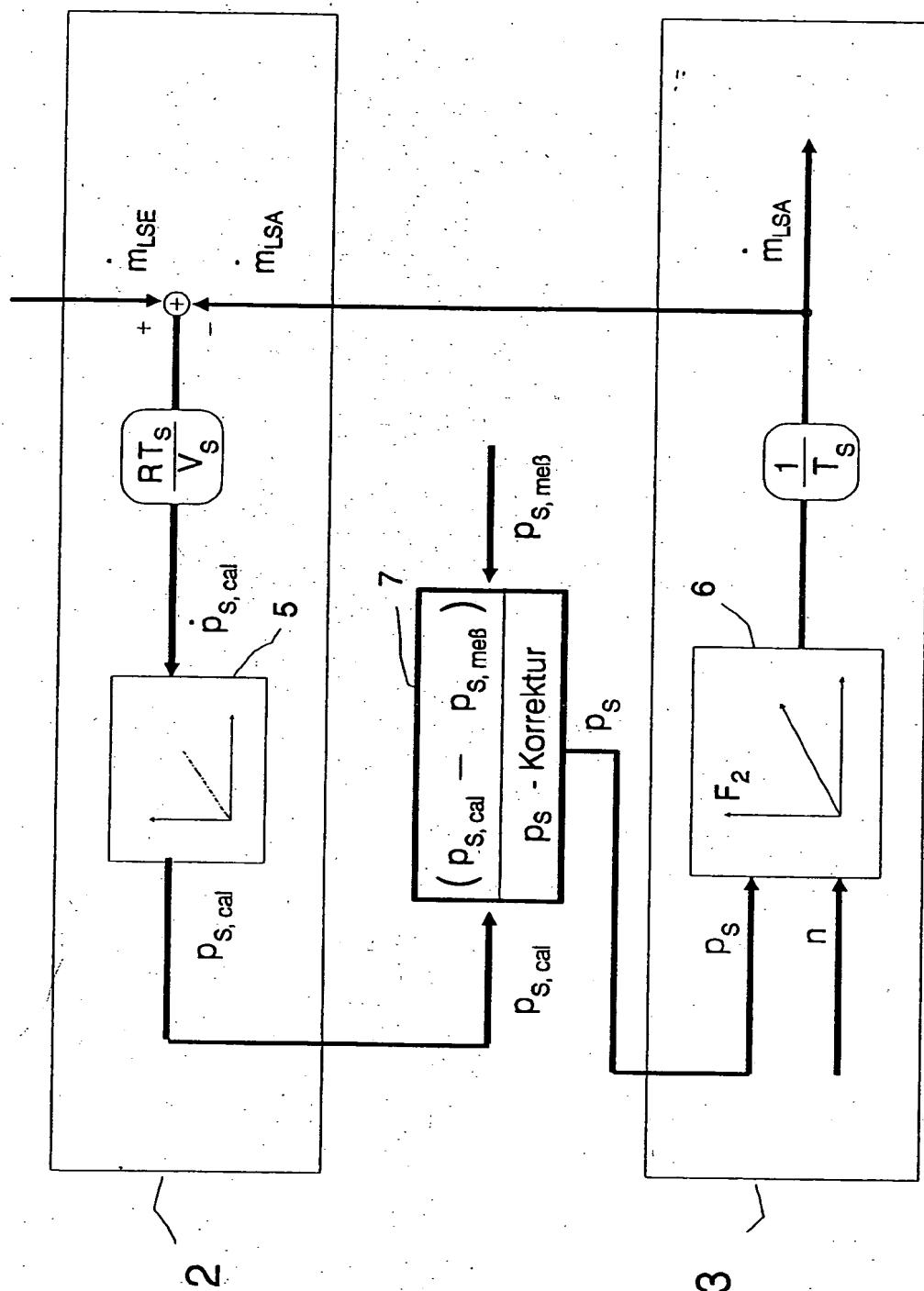


Fig. 4